



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 443 061 A1**

12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **90103357.1**

51 Int. Cl.<sup>5</sup>: **H04L 1/12**

22 Anmeldetag: **21.02.90**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**28.08.91 Patentblatt 91/35**

71 Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**  
**Wittelsbacherplatz 2**  
**W-8000 München 2(DE)**

64 Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE**

72 Erfinder: **Seibold, Hans, Dr. rer. nat.**  
**Dahlmannstrasse 33**  
**W-8500 Nürnberg 20(DE)**

54 **Verfahren zur Anpassung der Blocklänge bei serieller Datenübertragung, mit Messverfahren für die Übertragungsgüte und bevorzugter Anwendung des Verfahrens.**

57 Zur optimalen Anpassung der bei serieller Datenübertragung pro Telegramm übertragenen Nutzdatenmenge ("Blocklänge BL") an die aktuelle Güte einer Übertragungsstrecke, wird zur Bestimmung der optimalen Blocklänge (BL<sub>o</sub>) der aktuelle Meßwert der auf die jeweilige Telegrammlänge (BL + H) bezogenen, normierten Blockfehler-Häufigkeit (BF<sub>n</sub>) als Maß für die aktuelle Güte der Übertragungsstrecke verwendet. Zur Messung der normierten Blockfehler-Häufigkeit wird der Quotient aus den Inhalten eines Blockfehler-Zählers (FZ(n)) und eines Telegrammlängen-Zählers (BZ(n)) gebildet. Das erfindungsgemäße Verfahren kann besonders vorteilhaft bei Teleservice-Geräten verwendet werden, die eine serielle Datenübertragungs-Verbindung zwischen einem programmgesteuerten Automatisierungsgerät insbesondere zur Echtzeitführung von technischen Prozessen und einem zentralen Diagnosegerät ermöglichen.

EP 0 443 061 A1

# **VERFAHREN ZUR ANPASSUNG DER BLOCKLÄNGE BEI SERIELLER DATENÜBERTRAGUNG, MIT MESS- VERFAHREN FÜR DIE ÜBERTRAGUNGSGÜTE UND BEVORZUGTER ANWENDUNG DES VERFAHRENS**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur optimalen Anpassung der bei serieller Datenübertragung pro Telegramm übertragenen Nutzdatenmenge ("Blocklänge BL") an die aktuelle Güte einer Übertragungsstrecke. Die Erfindung betrifft ferner ein besonders angepaßtes Verfahren zur Messung der Übertragungsgüte auf einer Übertragungsstrecke mit serieller Datenübertragung, und schließlich eine bevorzugte Anwendung des

5 Verfahrens.

Bei serieller Datenübertragung werden die zu übertragenden Daten in Telegramme eingeteilt und die pro Telegramm zusammengefaßte Teildatenmengen gebündelt seriell übertragen. Ein Telegramm enthält neben den eigentlichen Nutzdaten einen Anteil an Steuerinformationen, welcher zur Bewerksstellung der Datenübertragung benötigt wird. So enthält in vielen Fällen der Telegrammkopf und das Telegrammende

10 mindestens ein Steuerzeichen, während dazwischen eine unterschiedlich große Nutzdatenmenge, auch "Blocklänge" genannt, übertragen wird. Verfügt beispielsweise ein jedes Steuerzeichen und ein jedes Nutz-Datum über eine Datenbreite von einem Byte, so entspricht der Wert der Blocklänge der Anzahl der pro Telegramm übertragenen Nutzdaten-Bytes.

Die Steuerzeichen am Telegrammende enthalten in der Regel auch Elemente, mit deren Hilfe die

15 Erkennung von Datenübertragungsfehlern im vorangegangenen Telegramm ermöglicht bzw. zumindest erleichtert wird. So ist es z.B. möglich, das am Telegrammende ein sogenanntes Blockprüfzeichen ("block check charcter") mit übertragen wird. Dieses ergibt sich z.B. durch spaltenweise binäre Addition der Bits in einem jeden Byte der Nutzdaten. Auf der Senderseite der seriellen Datenübertragung wird somit ein jedes Telegramm an seinem Ende ergänzt um eine Information, die auf der Empfängerseite eine Aussage

20 darüber ermöglicht, ob die Informationen im Nutzdatenblock des Telegrammes störungsfrei übertragen wurden. Hierzu wird nach der Telegrammübertragung auf der Empfängerseite ebenfalls durch spaltenweise Addition der Bits von allen Nutzdaten-Bytes die Quersumme über den übertragenen Nutzdatenblock gebildet. Der Vergleich des Übertragenen mit dem auf der Empfangsseite selbst gebildeten Prüfsummenzeichens läßt erkennen, ob die Übertragung fehlerfrei abgelaufen ist oder nicht.

25 Bei fehlerfreier Übertragung wird vom Datenempfänger ein positives Quittungssignal an den Datensender zurückgeleitet, der daraufhin das nächste Telegramm überträgt. Bei Vorliegen eines negativen Quittungssignals bzw. bei Ausbleiben eines Quittungssignals muß das Telegramm erneut übertragen werden. Durch derartige Übertragungs-Wiederholungen kann somit die Effizienz einer Übertragung, d.h. die auf die Gesamtanzahl an übertragenen Zeichen (Bytes) bezogene Anzahl an positiv übermittelten Nutzdaten,

30 erheblich beeinträchtigt werden. Mit den Abkürzungen

T = H + BL:    Telegrammlänge (einschließlich Quittung)  
H :            Steuerinformationen  
BL :           "Blocklänge" = Nutzdatenmenge  
W :            Übertragungs-Wiederholungen  
35 E :            Effizienz der Datenübertragung

ergibt sich folgende Beziehung für die reziproke Effizienz 1/E:

$$40 \quad \frac{1}{E} = \frac{W \cdot (H + BL)}{BL} \quad \text{Gl.1}$$

Die Anzahl der notwendigen Wiederholungen W ist dabei zum einen von der aktuellen Leitungsübertragungsgüte abhängig. Diese wiederum bestimmt die jeweilige Größe der sogenannten Einzelbyte-Fehlerhäufigkeit EBF, d.h. der Häufigkeit, mit der bei der Übertragung irgendeines Bytes eines Telegrammes ein Fehler auftritt. Die Einzelbyte-Fehlerhäufigkeit ist somit ein Maß für die aktuelle Güte der Übertragungsstrecke. Desweiteren nimmt die Anzahl der notwendigen Wiederholungen unter der Annahme einer konstanten Einzelbyte-Fehlerhäufigkeit mit der Blocklänge BL zu. Je länger also der pro Telegramm übertragene Nutzdatenblock ist, umso größer ist bei Vorliegen einer konstanten Leitungsübertragungsgüte die Wahr-

50 scheinlichkeit, daß ein langer Datenblock nicht fehlerfrei übertragen werden kann, und seine Übertragung somit wiederholt werden muß. Unter Zuhilfenahme einer funktionalen Abhängigkeit f der Anzahl der notwendigen Wiederholungen W von der schwankenden Einzelbyte-Fehlerhäufigkeit EBF und der Blocklänge BL ergibt sich für die reziproke Effizienz 1/E die Gleichung

$$\frac{1}{E} = f(EBF, BL) \cdot \frac{(H + BL)}{BL} \quad \text{Gl.2}$$

5

In Gl.2 stellt die die aktuelle Übertragungsgüte repräsentierende Einzelbyte-Fehlerhäufigkeit EBF in der Regel einen Meßwert dar. Desweiteren kann man davon ausgehen, daß die pro Telegramm benötigte Menge an Steuerinformationen H, d.h. die im Telegrammkopf, am Telegrammende und gegebenenfalls in Form des vom Empfänger zum Sender zurückgeschickten Quittungssignales benötigten Steuerbytes, kaum beeinflussbar und somit annähernd konstant sind. Als Variable zur Beeinflussung der Größe der Effektivität E steht somit in Gl.2 die Blocklänge BL zur Verfügung, d.h. die Menge der Nutzdaten pro Telegramm.

Die Blocklänge BL kann dabei zwischen einem unteren und oberen Grenzwert variiert werden. Der untere Grenzwert kann annähernd dadurch gekennzeichnet werden, daß die Größenordnung der pro Telegramm übertragenen Nutzdatenmenge annähernd mit der pro Telegramm benötigten Mengen an Steuerinformationen übereinstimmt. Der obere Grenzwert wird maßgeblich davon beeinflusst, daß bei zu großen Blocklängen die am Ende eines jeden Telegrammes z.B. in Form eines Blockprüfzeichens übertragene und zur Fehlererkennung dienende Steuerinformation nicht mehr mit Sicherheit das Auftreten von Fehlern anzeigen kann.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, abhängig vom aktuellen Wert der Übertragungsgüte die Blocklänge der Telegramme bei serieller Datenübertragung so optimal einzustellen, daß sich die in Bezug auf die Übertragungsstrecke jeweils größtmöglich zu erreichende Effizienz bei der Datenübertragung ergibt.

Die Aufgabe wird gelöst mit Hilfe des in Anspruch 1 angegebenen Verfahrens. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung, ein besonders angepaßtes Verfahren zur Messung der Übertragungsgüte auf der Übertragungsstrecke und eine bevorzugte Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den Unteransprüchen angegeben.

Zur Ermittlung eines Zusammenhanges zwischen der gesuchten optimalen Blocklänge BLo und der Effizienz E kann man beispielsweise die obige Gl.2 in bekannter Weise derart auswerten, daß die reziproke Effizienz 1/E ein Minimum annimmt. Hierzu wird beispielsweise die partielle Ableitung der Gl.2 nach der Blocklänge BL gebildet, gleich Null gesetzt, und diese Beziehung anschließend nach der Blocklänge BL aufgelöst. Bei Vorliegen eines nicht eindeutigen Ergebnisses muß durch Bildung einer weiteren Ableitung in bekannter Weise geprüft werden, welche Ergebnisse zu einem Minimum der reziproken Effizienz führen und somit bei gegebener Einzelbyte-Fehlerhäufigkeit EBF ein Optimum BLo der Blocklänge darstellen. Als Ergebnis derartiger Auswertungen kann sich die Beziehung

35

$$BLo = \frac{1}{2}H \left( -1 + \sqrt{1 - \frac{4}{H \cdot \ln(1-EBF)}} \right) \quad \text{Gl.3}$$

40

für die optimale Blocklänge BLo ergeben. Eine der Gl.3 entsprechende Beziehung ist in der Veröffentlichung von J.A. Field: "Efficient Computer-Computer Communication", Proc. IEE, vol.123, pp. 756-760, August 1976, gemäß der dortigen Gleichung (8) auf der Seite 757 angegeben.

Ein Problem bei obiger Gl.3 besteht darin, daß der aktuelle Wert der Einzelbyte-Fehlerhäufigkeit EBF nur schwer der direkten Messung zugänglich ist. Unter Zuhilfenahme der Beziehung

$$BF = 1 - (1 - EBF)^T \quad \text{Gl.4}$$

mit

50 T = H + BL: aktuelle Telegrammlänge (einschließlich Quittung)  
EBF: Einzelbyte-Fehlerhäufigkeit  
BF: Blockfehler-Häufigkeit

läßt sich die gesuchte optimale Blocklänge BLo ausdrücken in Abhängigkeit der neuen Variablen "Blockfehler-Häufigkeit BF". Dabei ist die Gl.4 ebenfalls an sich aus der obengenannten Veröffentlichung von J.A. Field bekannt (siehe Gl.7 auf der dortigen Seiten 757).

55

Nach Umstellung der Gl.4 in die Form

$$\ln(1 - \text{EBF}) = \frac{\ln(1 - \text{BF})}{\text{BL} + \text{H}} \quad \text{Gl.5}$$

5 und Einsetzen der Gl.5 in die obige Gl.3 ergibt sich die nachfolgende neue Beziehung für die optimale Blocklänge:

$$10 \quad \text{BL}_0 = \frac{1}{2} \text{H} \left( -1 + \sqrt{1 - \frac{4 \cdot (\text{BL} + \text{H})}{\text{H} \cdot \ln(1 - \text{BF})}} \right) \quad \text{Gl.6}$$

Gl.6 bietet nun zwar den gewünschten Zusammenhang zwischen der einer direkten Messung leicht  
15 zugänglichen Blockfehler-Häufigkeit BF und der gesuchten optimalen Blocklänge BL<sub>0</sub>. Diese Gleichung hat aber den Nachteil, daß sie von den zwei Meßgrößen BL und BF abhängt.

Die Erfindung löst dieses Problem unter Zuhilfenahme der Gl.6 als Ausgangspunkt. Bei einer ersten, vorteilhaften Ausführung der Erfindung wird die Gl.6 zunächst unter der Annahme "wenig gestörte Leitung" linearisiert. Bei dieser Näherung wird die Häufigkeit des Auftretens eines Fehlers bei der Übertragung eines  
20 Telegrammes als relativ klein angenommen. Der Wert der Blockfehler-Häufigkeit BF ist somit klein, d.h.

$$\text{BF} \ll 1 \quad \text{Gl.7}$$

Hiermit ergibt sich

$$25 \quad \ln(1 - \text{BF}) \approx -\text{BF} \quad \text{Gl.7}$$

so daß sich Gl.6 vereinfacht zu

$$30 \quad \text{BL}_0 = \frac{1}{2} \text{H} \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{4 (\text{BL} + \text{H})}{\text{H} \cdot \text{BF}}} \right) \quad \text{Gl.9}$$

35 Schließlich wird als Maß für die aktuelle Güte der Übertragungsstrecke nicht direkt der Wert der Blockfehler-Häufigkeit BF, sondern erfindungsgemäß der aktuelle Meßwert der auf die jeweilige Telegrammlänge bezogenen, normierten Blockfehler-Häufigkeit BF<sub>n</sub> verwendet.

Mit Hilfe der Beziehung

$$40 \quad \text{BF}_n = \frac{\text{BF}}{\text{BL} + \text{H}} \quad \text{Gl.10}$$

45 ergibt sich somit schließlich für die gesuchte optimale Blocklänge BL<sub>0</sub> die Beziehung

$$50 \quad \text{BL}_0 = \frac{1}{2} \text{H} \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{4}{\text{H} \cdot \text{BF}_n}} \right) \quad \text{Gl.11}$$

mit der normierten Blockfehler-Häufigkeit BF<sub>n</sub> als Variable und Meßgröße. Diese Gleichung ermöglicht auf einfache Weise die erfindungsgemäße optimale Anpassung der Nutzdatenmenge pro Telegramm  
55 (Blocklänge BL) bei serieller Datenübertragung an Schwankungen der Güte der Datenübertragungsstrecke, welche sich in unterschiedlichen Werten der Meßgröße "normierte Blockfehler-Häufigkeit BF<sub>n</sub>" äußert.

Wie oben ausgeführt, wurde Gl.11 unter Zuhilfenahme der Näherung der Gl.7 gebildet, d.h. der Annahme einer wenig gestörten Leitung. In der Praxis ist diese Annahme aber nicht in allen Fällen erfüllt.

Es hat sich vielmehr gezeigt, daß Fehler bei manchen seriellen Datenübertragungen "schauerartig" auftreten können, so daß sich die Güte der Datenübertragung auf der Übertragungsstrecke von ursprünglich hohen Werten schlagartig auf sehr niedrigere Werte drastisch verschlechtern kann. Bei extrem schlechter Übertragungsqualität bietet die Gl.11 aber nur ungenaue Ergebnisse für die optimierte Blocklänge BLo, da sie unter der Annahme einer guten, oder zumindest nicht sehr schlechten Übertragungsqualität linearisiert wurde.

Hierzu wird gemäß einer weiteren, vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung vorgeschlagen, wiederum mit Hilfe der obigen Gl.6 als Ausgangspunkt diese mit Hilfe einer anderen Strategie anzunähern. Hierzu wird erfindungsgemäß Gl.6 in einem ausgewählten Arbeitspunkt betrachtet. Als ein derartiger Arbeitspunkt eignet sich besonders der Punkt, bei dem der Istwert der Blocklänge BL gerade mit dem zur jeweils vorliegenden Güte der Übertragung gehörigen Wert der optimalen Blocklänge BLo übereinstimmt, d.h.

$$BL = BLo \quad \text{Gl.12}$$

15

Einsetzen von Gl.12 in Gl.6 führt zunächst zu

$$BLo = \frac{1}{2}H \left( -1 + \sqrt{1 - \frac{4(BLo + H)}{H \cdot \ln(1 - BF|_{BLo})}} \right) \quad \text{Gl.13}$$

Nach Auflösen dieser Beziehung nach der Blockfehler-Häufigkeit  $BF|_{BLo}$  im Arbeitspunkt und Normierung auf die Telegrammlänge T im Arbeitspunkt ergibt sich

$$BFno = \frac{BF|_{BLo}}{BLo + H} = \frac{1 - e^{-\frac{H}{BLo}}}{BLo + H} \quad \text{Gl.14}$$

Es entsteht der Wert der normierten Blockfehler-Häufigkeit BFno im anzustrebenden, optimalen Arbeitspunkt  $BL = BLo$ .

Erfindungsgemäß wird nun die im gesuchten, optimalen Arbeitspunkt  $BL = BLo$  für die normierte Blockfehler-Wahrscheinlichkeit BFno exakt gültige Beziehung nach Gl.14 näherungsweise für alle Arbeitspunkte verwendet. Gemäß der Beziehung

$$BFn = \frac{BF}{BL + H} \approx BFno = \frac{1 - e^{-\frac{H}{BLo}}}{BLo + H} \quad \text{Gl.15}$$

wird somit der Meßwert der normierten Blockfehler-Häufigkeit BFn für alle Arbeitspunkte annähernd gleich der optimalen, normierten Blockfehler-Häufigkeit BFno im Ziel-Arbeitspunkt gesetzt. Diese Näherung hat den besonderen Vorteil, daß sie nicht auf einen Extremwert z.B. guter bzw. schlechter Übertragungsgüte bezogen ist. Vielmehr dient als Normierungsoptimum gerade der zu erreichende Zielpunkt  $BL = BLo$ , so daß mit zunehmender Annäherung an den Ziel-Arbeitspunkt der durch Gl.15 gegebene Zusammenhang zwischen der gesuchten optimalen Blocklänge BLo und der erfindungsgemäß als schwankende Meßgröße dienenden normierten Blockfehler-Häufigkeit BFn zunehmend genauer wird.

Bezeichnet man den gefundenen, näherungsweise gültigen funktionalen Zusammenhang zwischen BLo und BFn mit F, d.h.

$$BLo = F(BFn) \quad \text{Gl.16}$$

so entspricht Gl.15 der Umkehrfunktion  $F^{-1}$ , d.h.

$$BF_n \approx F^{-1}(BL_o) = \frac{1 - e^{-\frac{H}{BL_o}}}{BL_o + H} \quad \text{Gl. 17}$$

5

Es besteht nun die Möglichkeit durch Bildung der Funktion  $F$  aus der Umkehrfunktion  $F^{-1}$  gemäß Gl.17 z.B. mittels numerischer Näherungsmethoden den zu einer gegebenen Übertragungsgüte, d.h. einem vorliegenden Meßwert der normierten Blockfehler-Häufigkeit  $BF_n$ , gehörigen Wert der optimalen Blocklänge  $BL_o$  zu ermitteln.

10 Bei einer anderen Ausführung kann auch direkt die Umkehrfunktion  $F^{-1}$  gemäß Gl.17 herangezogen werden. Hierzu kann beispielsweise punktförmig der Wertebereich der Blocklänge  $BL$  mit Hilfe der Gl.17 in einen dazugehörigen Wertebereich der normierten Blockfehler-Häufigkeit  $BF_n$  abgebildet werden. Es ergeben sich somit zwei Tabellen, welche bevorzugt in elektronische Speichermedien vorrätig gehalten werden können. Einem jedem Element  $BF_n$  der Blockfehler-Häufigkeitstabelle ist ein Element der

15 Blocklängen-Tabelle zugeordnet. Ein solches Element wird dann als optimale Blocklänge  $BL_o$  zur Bildung eines Telegrammes herangezogen, wenn der aktuelle Meßwert der normierten Blockfehler-Häufigkeit  $BF_n$  mit dem zugehörigen Wert in der Blockfehler-Häufigkeitstabelle annähernd übereinstimmt.

Bei einer weiteren, besonders vorteilhaften Ausführungsform wird der Wertebereich der Blocklänge  $BL$  in Blocklängen-Intervalle aufgeteilt, und einem jeden Intervall ein diskreter Blocklängenwert zugeordnet. So

20 sind beispielsweise den Blocklängen-Intervallen  $BL(I1) \dots BL(I6)$  gemäß folgender Tabelle

25	$BL(I1) :$	$0 \dots 4 \cdot \sqrt{2}$	$:$	$BL(d1) =$	$4$
	$BL(I2) :$	$4 \cdot \sqrt{2} \dots 8 \cdot \sqrt{2}$	$:$	$BL(d2) =$	$8$
	$BL(I3) :$	$8 \cdot \sqrt{2} \dots 16 \cdot \sqrt{2}$	$:$	$BL(d3) =$	$16$
	$BL(I4) :$	$\dots$	$:$	$BL(d4) =$	$32$
	$BL(I5) :$	$\dots$	$:$	$BL(d5) =$	$64$
30	$BL(I6) :$	$\dots$	$:$	$BL(d6) =$	$128$

die diskreten Blocklängenwerte  $BL(d1) \dots BL(d6)$  mit den Werten 4,8,...,128 zugeordnet. Mit Hilfe einer der obigen erfindungsgemäßen Beziehungen zwischen dem Meßwert der normierten Blockfehler-Häufigkeit  $BF_n$  und der optimalen Blocklänge  $BL_o$ , z.B. der Gl.11 bzw. den Gl.16 und 17, wird zu jedem Blocklängen-

35 Intervall das dazugehörige Intervall für den Wert der normierten Blockfehler-Häufigkeit gebildet. So gehören beispielsweise für  $H = 7$  Bytes die nachfolgenden Blockfehler-Häufigkeits-Intervalle  $BF_n(I1) \dots BF_n(I3)$

40	$BF_n(I1) :$	$\frac{1}{0,6 \cdot 32} \dots \frac{1}{7}$
	$BF_n(I2) :$	$\frac{1}{1,2 \cdot 32} \dots \frac{1}{0,6 \cdot 32}$
45	$BF_n(I3) :$	$\frac{1}{3,5 \cdot 32} \dots \frac{1}{1,2 \cdot 32}$

mittels Gl.17 zu den obigen Blocklängen-Intervallen  $BL(I1) \dots BL(I3)$ .

50 Zur Vorgabe der Nutzdatenlänge pro Telegramm einer seriellen Datenübertragung wird nun der diskrete Blocklängenwert  $BL(d1) \dots BL(d6)$  als optimale Blocklänge  $BL_o$  herangezogen, in dessen Blockfehler-Häufigkeitsintervall gerade der aktuelle Meßwert der normierten Blockfehler-Häufigkeit  $BF_n$  liegt. Dieser Meßwert dient somit als eine Art Zeiger zur Bestimmung des dazugehörigen Blockfehler-Häufigkeits-Intervalles, des dazugehörigen Blocklängen-Intervalles und schließlich des dazugehörigen, als optimale

55 Blocklänge dienenden diskreten Blocklängenwertes. Diese Ausführungsform der Erfindung hat den besonderen Vorteil, das sie besonders einfach mit Hilfe eines programmgesteuerten Rechners ausführbar ist, der nur über eine begrenzte Verarbeitungsbreite von z.B. 8 bit verfügt, und der nur beschränkte Arithmetikfunktionen z.B. im Rahmen der sogenannten Ganzzahlenarithmetik, bereitstellt. Mit einem derartigen

"Microcontroller" wären Direktauswertungen z.B. der Gl. 11, 16 oder 17 mit Hilfe numerischer Iterationsverfahren nur beschränkt ausführbar. Dagegen kann das erfindungsgemäße Verfahren unter Zuhilfenahme der Strukturierung aller Wertebereiche in Blocklängen- und Blockfehler-Häufigkeits-Intervalle mit zugeordneten diskreten Blocklängenwerten schnell und mit ausreichender Genauigkeit durchgeführt werden.

5 In der Praxis wird man zu Beginn einer seriellen Datenübertragung zur Bildung der Telegramme eine Blocklänge BL auswählen, die möglichst in der Mitte des insgesamt zur Verfügung stehenden Wertebereiches liegt. In der obigen Tabelle eignet sich somit als Startwert für die Blocklänge BL besonders der diskrete Blocklängenwert  $BL(d_4) = 32$ . Falls nach Übertragung mindestens eines Telegramms ein erster Meßwert für die normierte Blockfehler-Häufigkeit  $BF_n$  zur Verfügung steht, kann bereits bei der Bildung des  
10 folgenden Telegrammes die Blocklänge durch Einsatz eines größeren oder kleineren diskreten Blocklängenwertes optimiert werden. Das erfindungsgemäße Verfahren hat den besonderen Vorteil, daß praktisch die Länge eines jeden der in der seriellen Datenübertragung aufeinanderfolgenden Telegramme durch geeignete Auswahl des entsprechenden diskreten Blocklängenwertes unter Zuhilfenahme des Meßwertes der normierten Blockfehler-Häufigkeit optimal angepaßt werden kann.

15 Die Erfindung betrifft desweiteren ein besonders angepaßtes Verfahren zur Messung des aktuellen Wertes der normierten Blockfehler-Häufigkeit  $BF_n$ , welche ein Maß für die jeweilige Güte der Datenübertragungsverbindung darstellt. Hierzu werden zwei Zähler verwendet, deren Inhalte nach der Übertragung eines jeden Telegrammes aktualisiert werden. Dies ist zum einen ein sogenannter "Blockfehler-Zähler", dessen Inhalt  $FZ(n)$  gebildet wird mit Hilfe der Beziehung:

$$20 \quad FZ(n) = A1 \cdot \Delta BF + B1 \cdot FZ(n-1) \quad \text{Gl.18}$$

Dabei bedeutet  $FZ(n-1)$  der Zählerstand nach der vorangegangenen Übertragung, und  $FZ(n)$  der nach  
25 Abschluß der aktuellen Übertragung korrigierte neue Zählerstand. Ein Blockfehler-Erkennungssignal  $\Delta BF$  nimmt die binären Werte 0 bzw. 1 abhängig davon an, ob am Ende der aktuellen Übertragung ein Blockfehler aufgetreten ist oder nicht. Bei Detektion eines Blockfehlers wird der Inhalt  $FZ(n)$  zunächst um die Größe des Amplitudenfaktors A1 erhöht, während bei fehlerfreier Übertragung der Amplitudenfaktor mit 0 bewertet und somit nichts zum Inhalt des Fehlerzählers hinzugezählt wird. In diesem Fall entspricht der  
30 Fehlerzählerstand  $FZ(n)$  dem mit einem zwischen 0 und 1 liegenden Dämpfungsfaktor B1 bewerteten Zählerstand  $FZ(n-1)$  der vorangegangenen Übertragung. Der Inhalt  $FZ(n)$  des Fehlerzählers wird somit gemäß Gl.18 pro fehlerhafter Übertragung um den Amplitudenfaktor A1 erhöht. Gleichzeitig wird pro Übertragung die sogenannte "Vorgeschichte"  $FZ(n-1)$  mit dem Dämpfungsfaktor B1 bewertet berücksichtigt. Man erkennt, daß bei ungestörter Übertragung, wobei das Blockfehler-Erkennungssignal  $\Delta BF$  ständig gleich  
35 0 ist, der Inhalt  $FZ(n)$  des Fehlerzählers gegen 0 konvergiert. Im Vergleich dazu wird dieser bei vollkommen gestörter Übertragung, wobei das Blockfehler-Erkennungssignal  $\Delta BF$  ständig den Wert 1 hat, auf einen vom Amplitudenfaktor A1 und dem Dämpfungsfaktor B1 abhängigen stationären Wert konvergieren.

Zur Bildung des Meßwertes der normierten Blockfehler-Häufigkeit wird erfindungsgemäß desweiteren ein sogenannter "Telegrammlängen-Zähler" verwendet. Dessen Inhalt  $BZ(n)$  wird nach folgender Beziehung  
40 gebildet

$$BZ(n) = A2 \cdot T(n) + B2 \cdot BZ(n-1) \quad \text{Gl.19}$$

45 Pro Übertragung wird der Zählerstand um die mit einem Amplitudenfaktor A2 bewertete aktuelle Telegrammlänge (einschließlich Quittung)  $T(n)$  erhöht. Gleichzeitig wird die "Vorgeschichte", d.h. der Zählerstand  $BZ(n-1)$  der vorangegangenen Übertragung mit einem Dämpfungsfaktor B2 mit einer Größe zwischen 0 und 1 bewertet berücksichtigt.

Der gesuchte Meßwert der normierten Blockfehler-Häufigkeit  $BF_n(n)$  für jede Übertragung 1 ... n ergibt  
50 sich schließlich durch Quotientenbildung der beiden Zählerstände, d.h.

$$55 \quad BF_n(n) = K \cdot \frac{FZ(n)}{BZ(n)} \quad \text{Gl.20}$$

Dabei ist K ein Normierungsfaktor, der bevorzugt so gewählt wird, daß der sich für die normierte Blockfehler-Häufigkeit  $BF_n$  ergebende Wertebereich mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Verarbeitungs-

breite eines programmgesteuerten Rechners zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens verarbeitet werden kann.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung werden die Größen der zur Bildung des Inhaltes des Blockfehler-Zählers und des Telegrammlängen-Zählers benötigten Dämpfungsfaktoren B1 und B2 gleich groß gewählt.

Gemäß einer weiteren Ausführung der Erfindung werden die Faktoren A1, B1, A2, B2 und K in den Gleichungen 18, 19 und 20 im Hinblick auf den stationär eingeschwungenen Zustand der Übertragung besonders ausgewählt. Dieser läßt sich unter der idealisierten Annahme, daß das Blockfehler-Erkennungssignal  $\Delta BF$  jeden Wert zwischen 0 und 1 annehmen kann, mit Hilfe der nachfolgenden Beziehungen beschreiben:

$$FZ(n) = FZ(n-1) \text{ mit } 0 \leq \Delta BF \leq 1 \quad \text{Gl.21}$$

$$BZ(n) = BZ(n-1) \quad \text{Gl.22}$$

Wird die Gl.21 in der Gl.18 berücksichtigt, so ergibt sich der Quotient aus dem Amplitudenfaktor A1 und  $1 - B1$  als eine Art Verstärkungsfaktor zwischen dem stationären Inhalt FZ des Blockfehler-Zählers und dem Blockfehler-Erkennungssignal  $\Delta BF$ , d.h.

$$FZ = \frac{A1}{1 - B1} \cdot \Delta BF \quad \text{Gl.23}$$

Entsprechend ergibt sich aus Gl.22 und 19 für den stationären Inhalt des Telegrammlängen-Zählers

$$BZ = \frac{A2}{(1 - B2)} \cdot T(n) \quad \text{Gl.24}$$

Der Normierungsfaktor in Gl.20 ist nun bestimmt durch

$$BF_n(n) = \frac{FS}{BZ} = \frac{\Delta BF}{T(n)} \quad \text{Gl.25}$$

so daß sich ergibt

$$K = \frac{(1 - B1) \cdot A2}{A1 \cdot (1 - B2)} \quad \text{Gl.26}$$

Die in dem nachfolgenden Beispiel angegebenen Zahlenwerte für die einzelnen Faktoren sind so gewählt, daß die oben angegebene Gl.26 erfüllt wird.

$$\text{Beispiel:} \quad A1 = 8; \quad B1 = \frac{3}{4}$$

$$A2 = \frac{1}{4}; \quad B2 = \frac{3}{4}$$

$$K = \frac{1}{32}$$

Das erfindungsgemäße Verfahren zur optimalen Anpassung der Blocklänge an die aktuelle Güte einer Datenübertragungsstrecke kann besonders vorteilhaft bei einem sogenannten "Telekommunikations-Gerät"



oder "Teleservice-Gerät" angewendet werden. Dieses ermöglicht eine Datenübertragungs-Verbindung, insbesondere per Telefon, zwischen unter Umständen weit entfernten, programmgesteuerten Automatisierungsgeräten insbesondere zur Echtzeitführung technischer Prozesse und mindestens einem zentralen Diagnosegerät.

- 5 Besonders bei programmgesteuerten Automatisierungsgeräten zur Echtzeitführung von technischen Prozessen, z.B. Prozeßrechnern oder speicherprogrammierten Steuerungen, ist das Auftreten von Fehlern irgendwelcher Art besonders problematisch, da diese in aller Regel einen Stillstand der jeweiligen Produktionsanlage zur Folge haben. Derartige Anlagen-Stillstände müssen aber zur Minimierung der hierdurch verursachten Produktionsausfall-Verluste möglichst umgehend behoben werden. In aller Regel mußte hierzu  
 10 ein Service-Techniker in Marsch gesetzt werden. Dabei besteht zum einen das Problem, daß der Service-Techniker unter Umständen einen sehr weiten Weg von seinem Aufenthaltsort bis zum Standort des mit dem programmgesteuerten Automatisierungsgerät ausgerüsteten, gestörten technischen Prozesses zurücklegen muß. Zudem besteht für ihn erst nach Ankunft auf der Anlage die Möglichkeit, die Fehlerursache zu analysieren und geeignete Maßnahmen zu ihrer Behebung zu ergreifen. Falls hierzu spezielle Ersatzteile  
 15 benötigt werden, so entsteht durch deren Anforderung durch den vor Ort befindlichen Service-Techniker ein weiterer, unter Umständen erheblicher Zeitverlust.

Mit Hilfe eines Teleservice-Gerätes kann dagegen eine Datenfernübertragungs-Verbindung zwischen dem programmgesteuerten Automatisierungsgerät auf der Anlage und mindestens einem, z.B. beim Hersteller des Automatisierungsgerätes zentral befindlichen Diagnosegerätes aufgebaut werden. Hierdurch  
 20 ist es nahezu unmittelbar nach Ausfall des Automatisierungsgerätes möglich, über die Datenübertragungs-Verbindung eine Fehlersuche mit Hilfe des zentralen Diagnosegerätes durchzuführen. Hierbei kann es sich zum einen um Störungen der Hardware des Automatisierungsgerätes, den Betriebsmitteln des technischen Prozesses bzw. den zwischen Automatisierungsgerät und Prozeß liegenden Prozeßschnittstellen-Steuermitteln handeln. In einem einfachen Fall befindet sich eines dieser Geräte lediglich in einem falschen  
 25 Betriebszustand und kann gegebenenfalls durch Fernumschaltung mit Hilfe des zentralen Diagnosegerätes in einen aktiven Betriebszustand zurückgeschaltet werden. Zumindest können defekte Betriebsmittel sowohl auf der Seite des technischen Prozesses als auch auf der Seite des Automatisierungsgerätes mit dem Diagnosegerät erkannt werden.

Desweiteren können die im Automatisierungsgerät geladenen Anwenderprogramme, Betriebssysteme  
 30 und Datensätze fehlerhaft bzw. gestört sein. Mit Hilfe des zentralen Diagnosegerätes besteht hierbei die Möglichkeit, fehlerhafte Programmteile direkt zu korrigieren, oder im Extremfall komplett neue Programme zu laden.

Falls die Störung des Automatisierungsgerätes und/oder des davon geführten technischen Prozesses mit Hilfe des Diagnosegerätes über die Datenübertragungsverbindung behoben werden kann, so besteht  
 35 desweiteren die Möglichkeit, den Prozeß on-line für eine gewisse Zeit zu beobachten, um die Wirkung der getroffenen Maßnahmen zur Fehlerbehebung und somit die dauerhafte Betriebsfähigkeit des technischen Prozesses zu gewährleisten.

In den beschriebenen Fällen müssen in aller Regel eine Vielzahl von Daten zwischen dem programmgesteuerten Automatisierungsgerät und dem zentralen Diagnosegerät über die serielle Datenübertragungs-  
 40 Verbindung ausgetauscht werden. Bei großen Entfernungen kann es sich um eine Satelliten-Funkverbindung zwischen dem programmgesteuerten Automatisierungsgerät und dem zentralen Diagnosegerät als Datenübertragungsstrecke handeln. Die Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens in Teleservice-Geräten, von denen jeweils ein Exemplar an das Automatisierungsgerät und eines an das zentrale Diagnosegerät angekoppelt ist, hat somit den besonderen Vorteil, daß unabhängig von der aktuellen Güte der Datenüber-  
 45 tragungsstrecke eine optimale Kommunikation zwischen Automatisierungsgerät und Diagnosegerät im Hinblick auf eine schnellstmögliche Fehlererkennung und gegebenenfalls Beseitigung ermöglicht wird.

#### Patentansprüche

- 50 1. Verfahren zur optimalen Anpassung der bei serieller Datenübertragung pro Telegramm übertragenen Nutzdatenmenge (Blocklänge BL") an die aktuelle Güte einer Übertragungsstrecke, wobei zur Bestimmung der optimalen Blocklänge (BLo) der Meßwert der auf die jeweilige Telegrammlänge (BL + H) bezogenen, normierten Blockfehler-Häufigkeit (BFn) als Maß für die aktuelle Güte der Übertragungsstrecke dient.
- 55 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Bestimmung der optimalen Blocklänge (BLo) erfolgt nach der Beziehung

$$BLo \approx \frac{1}{2}H \cdot \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{4}{H \cdot BF_n}} \right) \quad (Gl.11)$$

5

H: Anzahl an Steuerinformationen  
BF<sub>n</sub> : normierte Blockfehler-Häufigkeit

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Bestimmung der optimalen Blocklänge (BLo) erfolgt nach der Beziehung

$$BLo \approx F(BF_n) \quad (Gl.16)$$

mit

$$BF_n \approx F^{-1}(BLo) = \frac{1 - e^{-\frac{H}{BLo}}}{BLo + H} \quad (Gl.17)$$

20 H: Anzahl an Steuerinformationen  
BF<sub>n</sub>: normierte Blockfehler-Häufigkeit.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß
- a) der Wertebereich der Blocklänge (BL) in Blocklängen-Intervalle (BL(I1),BL(I2),...) aufgeteilt und jedem Intervall ein diskreter Blocklängenwert (BL(d1),BL(d2),...) zugeordnet ist, und
  - 25 b) mit Hilfe der Beziehung (Gl.11,17) zwischen der normierten Blockfehler-Häufigkeit (BF<sub>n</sub>) und der optimalen Blocklänge (BLo) zu jedem Blocklängen-Intervall ein dazugehöriges Intervall (BF<sub>n</sub>(I1),BF<sub>n</sub>(I2),...) für den Wert der normierten Blockfehler-Häufigkeit (BF<sub>n</sub>) gebildet wird, und
  - c) jeweils der diskrete Blocklängenwert (BL(d1),...) als optimale Blocklänge (BLo) zur Bildung der Telegramme herangezogen wird, in dessen Blockfehler-Häufigkeits-Intervall (BF<sub>n</sub>(I1),...) der aktuelle
  - 30 Wert der normierten Blockfehler-Häufigkeit (BF<sub>n</sub>) liegt.

5. Verfahren zur Messung der Übertragungsgüte auf einer Übertragungsstrecke mit serieller Datenübertragung, wobei der Wert der auf die aktuelle Telegrammlänge (BL + H) bezogenen, normierten Blockfehler-Häufigkeit (BF<sub>n</sub>) als Maß für die aktuelle Güte der Übertragungsstrecke dient, und pro Übertragung (n)

a) der Inhalt (FZ(n)) eines Blockfehler-Zählers aktualisiert wird, mit

$$FZ(n) = A1 \cdot \Delta BF + B1 \cdot FZ(n-1) \quad (Gl.18)$$

40

FZ(n): korrigierter Zählerstand nach aktueller Übertragung  
FZ(n-1): Zählerstand nach vorangegangener Übertragung  
ΔBF: Blockfehler-Erkennungssignal  
A1: Amplitudenfaktor  
45 B1: Dämpfungsfaktor,

b) der Inhalt BZ(n) eines Telegrammlängen-Zählers aktualisiert wird, mit

$$BZ(n) = A2 \cdot T(n) + B2 \cdot BZ(n-1) \quad (Gl.19)$$

50

BZ(n) : korrigierter Zählerstand nach aktueller Übertragung  
BZ(n-1): Zählerstand nach vorangegangener Übertragung  
T(n) : Telegrammlänge der aktuellen Übertragung  
A2 : Amplitudenfaktor  
55 B2 : Dämpfungsfaktor , und

c) der Meßwert der normierten Blockfehler-Häufigkeit BF<sub>n</sub>(n) sich pro Übertragung (n) ergibt zu

$$BF_n(n) = K \cdot \frac{FZ(n)}{BZ(n)} \quad (G1.20)$$

5 K: Normierungsfaktor.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Dämpfungsfaktoren (B1,B2) für den Blockfehler- und Telegrammlängen-Zähler identisch gewählt werden (B1 = B2).
- 10 7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Amplituden- und Dämpfungsfaktoren (A1,A2,B1,B2) für den Blockfehler- und den Telegrammlängen-Zähler, und der Normierungsfaktor (K) so gewählt werden, daß im stationär eingeschwungenen Zustand der Übertragung die Beziehung

15

$$K = \frac{(1-B1)}{A1} \cdot \frac{A2}{(1-B2)} \quad (G1.26)$$

20 erfüllt ist.

8. Anwendung des Verfahrens nach einem der vorangegangenen Ansprüche 1 bis 4 bei einem Teleservice-Gerät, welches eine serielle Datenübertragungs-Verbindung, insbesondere per Telefon, zwischen mindestens einem, u.U. weit entfernten, programmgesteuerten Automatisierungsgerät insbe-
- 25 sondere zur Echtzeitführung technischer Prozesse und mindestens einem zentralen Diagnosegerät ermöglicht.

30

35

40

45

50

55



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 90 10 3357

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
X	EP-A-0 197 545 (OKI) * Spalte 2, Zeilen 18-34; Spalte 4, Zeilen 9-13 *	1	H 04 L 1/12
A	---	2-8	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Band 10, Nr. 240 (E-429)[2296], 19. August 1986; & JP-A-61 72 432 (FUJITSU) 14-04-1986 * Zusammenfassung *	1	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Band 10, Nr. 384 (E-466)[2441], 23. Dezember 1986; & JP-A-61 174 845 (MITSUBISHI) 06-08-1986 * Zusammenfassung *	1	
A,D	PROC. IEE, Band 123, Nr. 8, August 1976, Seiten 756-760, New York, US; J.A. FIELD: "Efficient computer-computer communication" * Seite 757, rechte Spalte, Zeile 9 *	1-7	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			H 04 L
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 08-10-1990	Prüfer CRETAINE P.A.
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b>			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patendokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EP0 FORM 1503 03.82 (P/M03)